

基于照明特性分析的串联饱和型恒流驱动设计

王雅芳

(1.福建水电学院, 福建 永安 366000; 2.厦门大学, 福建 厦门 362000)

摘要: 发光二极管(LED)技术的快速发展使其在照明工程中的应用越来越广泛。针对 LED 照明的特点和光学特性参数, 从驱动电路入手, 设计了一款照明灯实用 LED 驱动电路, 并将理论分析结果与 LED 驱动电路的实际测量结果进行了对比, 对比结果表明, 该驱动电路具有实用性, 既能满足照明工程的功能性要求, 又能够实现最大限度的节能。

关键词: 发光二极管; 驱动电路 / 特性分析; 恒流驱动

中图分类号: TM910.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-100X(2009)04-0053-02

Design of the Series-saturated Constant-current Drive Circuit based on Analyzing the lighting Characters

WANG Ya-fang

(1.Fujian College of Water Conservancy and Electric Power, Yong'an 366000, China;

2.Xiamen University, Xiamen 362000, China)

Abstract: The rapid development of light emitting diode (LED) technology allows it applying in lighting projects more and more widely. Based on the analysis of the characteristics and optical parameters of LED lighting, a practical driving circuit is designed. Theory analysis results of the LED drive circuit are compared with the actual measurement. The experimental results show that the proposed technology can meet the functional lighting requirements, and the maximum energy conservation is achieved.

Keywords: light emitting diode; driving circuit / characteristic analysis; constant current drive

1 引言

在能源的生产、消费和应用过程中, 采用电力电子技术可显著提高能源利用效率^[1]。节能、节电、节省自然资源已经成为现代电力电子技术的一个重要研究方向。包括变频调速节能、照明节能在内的节能技术在 20 世纪取得了较大的进展, 并在工业生产中获得了广泛的应用。20 世纪 60 年代问世的发光二极管(LED)在短短的 30 多年时间里, 在能源研究领域取得了飞速发展^[2]。无论那种电源, 都不可能直接给大功率 LED 照明电路供电, 若要用 LED 做照明光源, 就要解决电源的驱动问题。文中将以照明电路的驱动为切入点, 探讨照明系统的节能问题, 使照明工程既满足其功能性要求, 又能实现最大限度的节能。

2 LED 照明特点和特性分析

LED 是一种固态半导体器件^[3], LED 光源在很多领域都具有其他光源无法替代的优势。作为照明光源, 大功率 LED 的主要性能指标有亮度、光强、色坐标、色温、显色指数和发光效率, 下面对大功率 LED 的相关特性进行分析。

(1) I-U 特性是表征 LED 芯片 PN 结性能的主要参数^[4]。图 1 示出不同白光 LED 之间, 甚至是从同一产品批次中随机挑选的 LED 之间的正向电流电

压特性的差异。可以看出, 在恒定电压的驱动下, 不同 LED 上流经的正向电流 I_F 大小也不同, 因而导致发出的白光亮度不同。LED 正向导通后, 外加正向电压的细小变动都将引起 LED 电流的很大变化, 从而导致出射光光强发生变化, 不同 LED 正向 I-U 之间具有离散性。

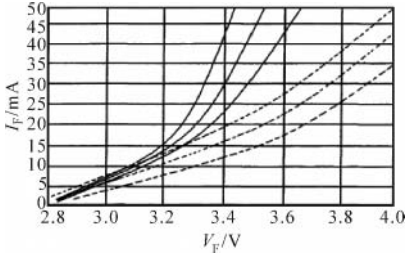


图 1 6 个白光 LED 的正向 I-U 曲线

(2) 光照度为:

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA} \quad (1)$$

式中: Φ_v 为可见光对人眼的视觉刺激程度; A 为光源的微小发光面积。

图 2 示出单位受照面积接收的光通量示意图。

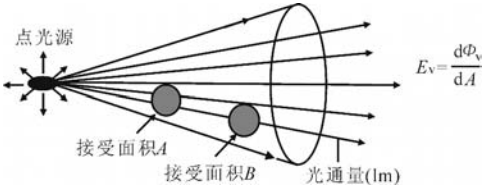


图 2 光通量示意图

3 LED 驱动电路研究

大功率半导体器件生产工艺有其特殊性、复杂

定稿日期: 2008-09-01

作者简介: 王雅芳 (1978-), 女, 福建泉州人, 讲师, 研究方向为电子信息、电气工业控制和智能决策支持系统。

性,且成本高,只能在工艺完成后通过测试才能获得结果,所以必须对现有数据做好统计控制,通过监控工艺过程,做好预测,为高成品率创造条件^[5]。

3.1 驱动电路特点分析

LED 是单向导电器件,要由直流电流或者单向脉冲电流供电。由于流过 LED 的电流与其两端的电压不成正比,且其 PN 结呈负温度系数,温度升高时 LED 的势垒电势降低,因此 LED 不能直接用电压源供电,必须采用限流措施,否则它随着工作时温度的升高,电流会越来越大,以至损坏。因此,应使 LED 在一个发光效率较高的电流值下工作。

3.2 驱动电路选择

要根据 LED 的特性分析和背光照明应用时对光源的要求,按 LED 产品的要求及应用场合的不同,选择合理的 LED 驱动方式。白光 LED 发光强度与流过它的电流成正比,将所有 LED 进行串联配置,可使多个 LED 的发光强度达到近似匹配,如图 3 电路^[6]所示。串联配置时,由于 LED 亮度几乎完全由电流控制,因此,只要使用相同电流或匹配的电流,各个 LED 即可获得相同的亮度。

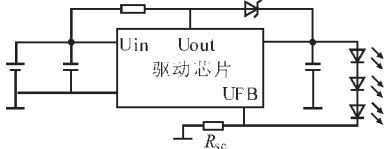


图 3 串联驱动电路

为保证可靠性,驱动 LED 的电流必须低于 LED 额定值,但当环境温度升高时所允许的额定电流会降低^[7]。通常,当温度由 25℃ 升高至 85℃ 时,额定电流由 30 mA 下降至 6 mA。用恒压方式驱动白色 LED 方案的可靠性较差,为使多只白光 LED 具有匹配的亮度和色度,应选用恒流驱动方式,可控恒流源是实现亮度控制最简单的方案。

4 串联饱和恒流驱动电路结构和工作原理

当电源电压或环境温度发生变化时,串联饱和型恒流驱动电路均可为标准工作电压为 3.5 V、工作电流为 350 mA 的单个大功率照明 LED 提供恒定的驱动电流^[8]。串联饱和型恒流驱动电路结构如图 4 所示。

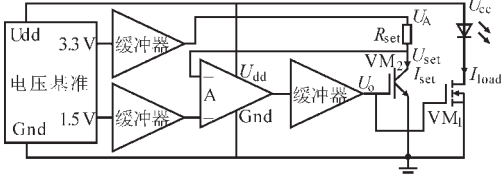


图 4 串联饱和型恒流驱动电路结构框图

该串联饱和型恒流驱动电路的基准电压源产生 3.3 V 和 1.5 V 两个基准电压,其中 1.5 V 基准电压经输出缓冲电路后送入误差运算放大器反相端,该误差运算放大器的输出控制功率 MOSFET 和传感 MOSFET 的栅压,使其恒定在 1.8 V,并由此获得相

应的驱动电流。传感电流在取样电阻 R 上产生取样电压,3.3 V 基准电压与该取样电压的差值作为反馈电压,反馈回误差运算放大器的同相输入端,并与反相输入端电压,即基准电压源产生的 1.5 V 基准电压比较,对输出电压进行调整,进而对传感 MOSFET 的传感电流进行调整,使整个闭环反馈系统处于动态平衡中,以达到稳定功率管驱动电流的目的。

5 驱动电路结果分析

实验采用 1 W 白光 LED,对这种大功率 LED 灯进行了正向 I-U 特性、脉冲电流及直流供电时照度特性的测试。由图 5a 可见,当温度由 0℃ 上升至 90℃ 时,电流由 349.94 mA 下降至 349.70 mA,仅变化 0.24 mA,达到恒流控制精度指标要求。基准电压 U_{ref} 随温度变化的特性如图 5b 所示,随着温度升高, U_{ref} 略有下降,当环境温度由 0℃ 升高至 85℃ 时,两个 U_{ref} 的下降幅度均小于 10 mV。

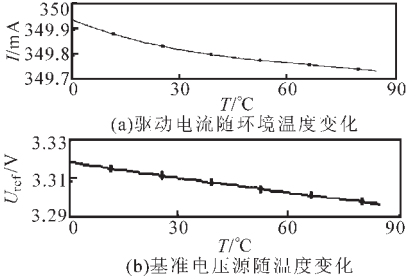


图 5 驱动电流和基准电压随温度变化图

仿真结果说明,该驱动电路具有不随环境温度和电源电流电压变化的良好特性。当正向电压为 3.25 V、电流为 350 mA^[9]时,由正向电流电压特性测试测出照明 LED 的开启电压约为 3 V。但制造工艺的离散性使大功率照明 LED 的正向工作电压在 3.2~3.8 V 之间波动。为消除工艺离散性对电路的影响,针对环境温度和驱动电流的变化及基准电压的影响进行了分析。将直流供电状态下 LED 的照度与周期 $T=500$ Hz、占空比 $D=50\%$ 的脉冲电流供电状态下的照度进行了对比。表 1 示出恒定直流和脉冲两种供电方式下距 LED 灯 1 cm 处测得的照度 E_v 。

表 1 两种供电方式下 LED 照度对比

恒定直流供电		$T=500$ Hz, $D=50\%$ 脉冲电流供电		
I_{const} / mA	E_v / lux	I_{peak} / mA	I_{ave} / mA	E_v / lux
20	37.6	40	20	38.4
40	72.0	80	40	72.0
60	104.9	120	60	102.3

以脉冲电流平均值 $I_{ave}=20$ mA, 40 mA, 60 mA 脉冲电流驱动照明 LED 时, 距离 LED 灯 1 cm 处的 E_v 与用恒定 20 mA, 40 mA, 60 mA 直流电流驱动时的 E_v 几乎完全一致, 充分说明 I_{ave} 是决定脉冲供电状态下 LED 照度的唯一因素。

6 结 论

实验得出,1 W 大功率 LED 的驱动(下转第 63 页)

并联运行,负载在 25%~100%范围内变化时,测得的总输出电流 i_{total} 和两模块输出电流 i_{o1}, i_{o2} 数据,表明均流误差满足低于 5%的要求。图 4 示出实验结果。

表 1 两个模块并联的均流特性

$i_{\text{total}}/\text{A}$	i_{o1}/A	i_{o2}/A	均流误差/%
10.16	4.96	5.20	4.7
21.23	10.81	10.42	3.6
30.05	15.25	14.80	3.0
39.74	19.61	20.13	2.6

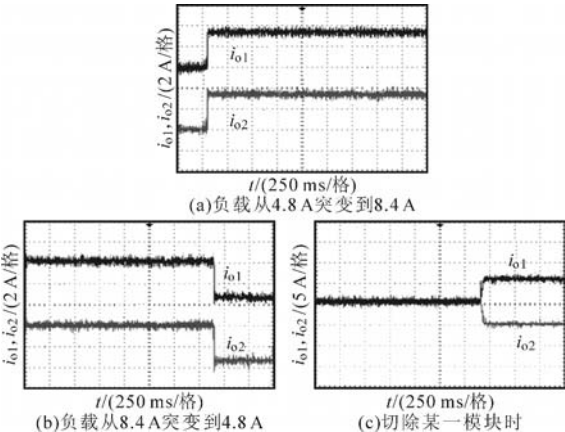


图 4 系统动态均流效果

图 4a 给出负载从 4.8 A 突变到 8.4 A 时, i_{o1} 和 i_{o2} 的动态响应波形。由图可知,在负载突变过程中 i_{o1} 与 i_{o2} 的差异很小,增大的幅值比较均匀,具有很好的动态均流效果,且超调量很小,表明并联系统具有很强的瞬间加载能力;图 4b 给出减载瞬间 i_{o1} 和 i_{o2} 的动态响应波形;图 4c 给出切除某一模块时 i_{o1} 和 i_{o2} 的动态波形。由图可知,在动态过程中系统能够稳定的工作。

(上接第 54 页)

电流恒定在 350 mA,在 5 V 电源电压有 10%跳变时,该恒流驱动电路可将驱动电流的变化控制在 1.7%以内。当环境温度由 25℃升高至 90℃时,驱动电流仅减小 1.1%,环境温度引起恒定电流值的变动小,这是大功率 LED 驱动器模块用于照明的优点。

目前 LED 照明还只能用于一些特殊场合,而已研制出的白光 LED 光效还不够高,功率也不够大,价格较贵。若要全面取代普遍适用的白炽灯或荧光灯等,尚有一些技术上的难题需解决,如 LED 光通量有待进一步提高,发出的光与自然光仍有一定差距等。通过合理的光学设计,LED 照明将会应用到更多领域,比如在家用照明、背景光源、指示照明、在汽车尾灯上的应用等。

参考文献

[1] 陈坚,康勇.电力电子节能专辑[J].电力电子技术,

5 结论

基于最大电流均流法,给出了不对称半桥变换器并联系统的小信号分析方法及其控制回路的设计原则,为最大电流均流技术的应用提供了理论依据和 design 方法。制作了一台由两个不对称半桥变换器并联组成的样机,各项实验数据表明,样机运行达到了预期的均流效果,系统具有较理想的输出特性。所作的分析和设计对最大电流均流技术在其他变换器拓扑结构中的应用,以及其他均流技术在不对称半桥变换器并联系统中的应用具有一定的参考价值。

参考文献

[1] Tso-Min Chen,Chern-Lin Chen.Small-Signal Modeling of Asymmetrical Half Bridge Flyback Converter [A].Power Electronics and Motion Control Conference[C].2006,(1): 1-5.
 [2] Byungcho Choi,Wonseok Lim,Sanghyun Bang.Small-Signal Analysis and Control Design of Asymmetrical Half-Bridge DC-DC Converters [J].Trans. on Indust. Electro.,2006,53 (4):511-520.
 [3] Xinyu Xu,Ashwin M Khambadkone,Ramesh Oruganti.An Asymmetrical Half Bridge DC-DC Converter;Close Loop Design in Frequency Domain[A].Power Electronics Specialists Conference[C].2004,(2):1642-1647.
 [4] 肖文勋,张波,邱东元.改进平均电流自动均流法及其在 Boost 变换器并联系统中的应用[J].中国电机工程学报,2007,27(13):64-69.
 [5] 邱东元,张波,韦聪颖.改进式自主均流技术的研究[J].电工技术学报,2005,20(10):41-47.

2006,40(6):1.
 [2] 李军伟.LED 驱动电路研究[D].大连:大连理工大学,2007.
 [3] 孙晖,罗艳红,张富春,等.SPC 技术在大功率半导体器件生产中的应用[J].电力电子技术,2006,40(2):122-125.
 [4] 王声学,吴广宁,蒋伟,等.LED 原理及其照明应用[J].灯与照明,2006,30(4):32-33.
 [5] 沈慧.大功率照明 LED 恒流驱动芯片的设计[D].杭州:浙江大学,2006.
 [6] 张赫.白光 LED 驱动电路的 IC 芯片设计[D].大连:大连理工大学,2006.
 [7] J R 柯顿.光源与照明[M].陈大华,刘九昌,徐庆辉,等译.上海:复旦大学出版社,2000.
 [8] 郑代顺,钱可元,罗毅.大功率发光二极管的寿命试验及其失效分析[J].半导体光电,2005,26(2):88-90.
 [9] 行业聚焦.ROHM 成功开发出照明用大功率 LED 驱动器模块最适合 LED 驱动器的高精度恒定输出电流[N].电子技术应用,2007,(9):132.

欢迎踊跃投稿! dldzjstg@163.com; 欢迎刊登广告 dldzjs@163.com